

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**Bibliography**

---

- (19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)  
(12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)  
(11) [Publication No.] JP,9-323046,A  
(43) [Date of Publication] December 16, Heisei 9 (1997)  
(54) [Title of the Invention] Coat abrasives for grinding tools  
(51) [International Patent Classification (6th Edition)]

B02C 18/18  
B23P 15/28  
B24D 3/00 330

[FI]

B02C 18/18 Z  
B23P 15/28 A  
B24D 3/00 330 D

[Request for Examination] Un-asking.

[The number of claims] 10

[Mode of Application] OL

[Number of Pages] 8

(21) [Application number] Japanese Patent Application No. 9-10983

(22) [Filing date] January 24, Heisei 9 (1997)

(31) [Application number of the priority] 08/592091

(32) [Priority date] January 26, 1996

(33) [Country Declaring Priority] U.S. (US)

(71) [Applicant]

[Identification Number] 390041542

[Name] General Electric Co.

[Name (in original language)] GENERAL ELECTRIC COMPANY

[Address] The United States of America, New York State, Schenectady, a liver load, No. 1

(72) [Inventor(s)]

[Name] Bradley Ross crow

[Address] The United States of America, Ohio, Vesta Bill, a cone leech coat, No. 350

(72) [Inventor(s)]

[Name] Daniel Richard RIERU

[Address] The United States of America, Ohio, Powell, the Concord load, No. 9340

(74) [Attorney]

[Patent Attorney]

[Name] Oinuma Virtue 2

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**Epitome**

---

(57) [Abstract]

[Technical problem] Offer of a grinding tool the holdout of an abrasive grain and whose grindability ability improved.

[Means for Solution] A multilayer compound coat or the simultaneous deposit metallic film as a monolayer is prepared in the front face of an abrasive grain like cubic boron nitride or a diamond. A multilayer compound coat consists of four layers, when the 1st metal layer has combined with the abrasive grain front face chemically, and when the 1st metal layer has adhered physically on the surface of an abrasive grain, it consists of three layers. The example in four layers is titanium and nickel-Lynn, nickel, and nickel-Lynn, and the example in three layers is nickel-Lynn, nickel, and nickel-Lynn. The simultaneous deposit metallic film as a monolayer makes an abrasive grain front face come to carry out the simultaneous deposit of nickel-cobalt-Lynn. If this coat abrasive grain is used for manufacture of a grinding stone, the grindability ability of a grinding stone will improve substantially.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] (Following a) -(c): (a) It is the multilayer compound coat which comes to contain at least four metal layers. The 1st metal layer has joined together chemically on the surface of an abrasive grain. Titanium, a zirconium, A hafnium, vanadium, niobium, a tantalum, chromium, molybdenum, Two or more metal layers which are chosen from the group which consists of tungstens and those alloys, and follow it Nickel, It is chosen from the group which becomes cobalt, those alloys, those borides, a nitride, a phosphide, and an oxide list from those simultaneous deposit metal constituents. And it is the alloy with which an outermost layer of drum has the metal presentation from which the layer in front of that differs. It is the multilayer

compound coat which comes to contain at least three layers. a multilayer compound coat and (b) -- The 1st layer has adhered physically on the surface of an abrasive grain, and it is chosen from the group which consists of nickel-Lynn and cobalt-Lynn. It is chosen from the group which two or more metal layers following it become from nickel, cobalt, and nickel-Lynn, cobalt-Lynn, and simultaneous deposit nickel-cobalt-Lynn. And the multilayer compound coat which is the alloy with which an outermost layer of drum has the presentation from which the layer in front of that differs, The abrasives constituent suitable for an activity by the grinding tool which comes to contain the abrasive grain covered with the coat chosen from the group which becomes a list from the simultaneous deposit metal constituent of (c) nickel-cobalt-Lynn, and consists of at least one metal layer which adhered physically on the surface of the abrasive grain.

[Claim 2] The abrasives constituent according to claim 1 by which said abrasive grain is covered by multilayer compound coat [ as / whose 1st metal layer is titanium chemically combined with the front face of said abrasive grain ].

[Claim 3] The abrasives constituent according to claim 1 said whose abrasive grain is cubic boron nitride or a diamond.

[Claim 4] The abrasives constituent according to claim 1 whose outermost layer of drum of said multilayer compound coat is nickel-Lynn.

[Claim 5] The abrasives constituent according to claim 3 which comes to contain four metal layers to which it becomes said abrasive grain is cubic boron nitride, and fundamental from nickel-Lynn as the titanium combined chemically [ a multilayer compound coat ] on the front face of (1) abrasive grain, and the nickel as a layer which adjoins nickel-Lynn as the adjacent layer, (3), and (2) and (2) (4) outermost layer of drum.

[Claim 6] The abrasives constituent according to claim 3 which comes to contain four metal layers to which it becomes said abrasive grain is cubic boron nitride, and fundamental from nickel-Lynn as the titanium combined chemically [ a multilayer compound coat ] on the front face of (1) abrasive grain, and the cobalt as a layer which adjoins nickel-Lynn as the adjacent layer, (3), and (2) and (2) (4) outermost layer of drum.

[Claim 7] The abrasives constituent according to claim 3 which comes to contain four layers to which it becomes said abrasive grain is cubic boron nitride, and fundamental from nickel-Lynn as the titanium combined chemically [ a multilayer compound coat ] on the front face of (1) abrasive grain, and cobalt-Lynn as the layer of nickel-Lynn as the adjacent layer, and a layer which adjoins (3) and (2) and (2) (4) outermost layer of drum.

[Claim 8] The abrasives constituent according to claim 3 which comes to contain four layers to which it becomes said abrasive grain is cubic boron nitride, and fundamental from nickel-Lynn as the titanium combined chemically [ a multilayer compound coat ] on the front face of (1) abrasive grain, and the cobalt as a layer which adjoins nickel-Lynn as the adjacent layer, (3), and (2) and (2) (4) outermost layer of drum.

[Claim 9] The abrasives constituent according to claim 1 which comes to contain three layers to which it becomes fundamental from nickel-Lynn which said multilayer compound coat combined with the front face of (1) abrasive grain physically, and nickel-Lynn as the nickel as the adjacent layer, and (2) (3) outermost layer of drum.

[Claim 10] The abrasives constituent according to claim 1 which comes to contain three layers to which it becomes fundamental from nickel-Lynn which said multilayer compound coat combined with the front face of (1) abrasive grain physically, and nickel-Lynn as the cobalt as the adjacent layer, and (2) (3) outermost layer of drum.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The field of the technique in which invention belongs] Especially this invention relates to the coat abrasives for these tools for raising the grinding effectiveness of the tool similar to grinding tools, such as a grinding stone, or it. Generally the tool similar to a grinding stone or it consists of what combined the abrasive grain with the resin base material, and in order to aim at improvement in the holdout of the abrasive grain within a base material, the abrasive grain has the specific metallic film on the front face. The same abrasives used for cubic boron nitride (it omits Following CBN), a diamond, or the same tool as a grinding stone and others as an abrasive grain are mentioned.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, it is well-known in this technical field that the holdout of the abrasive grain in the resin base material of a grinding tool like a grinding stone improves by the nickel or the titanium coats on the front face of an abrasive grain, such as a CBN abrasive grain. It is usually that loss of a coat abrasive grain originates in balking of the coat abrasive grain from the (b) base material at the balking list of the abrasive grain from the (a) coat. It is required to lose the abrasive grain which wore out and became slow in order to maintain a grinding tool in the sharp condition by exposure of a new abrasive grain, otherwise the effectiveness of a grinding tool will fall.

[0003] Usually is performed by idiomatic salt bath technique which is indicated by U.S. Pat. No. 2746888 when giving a titanium coat to a CBN abrasive grain. The option is indicated by U.S. Pat. No. 4399167 and the mixture of a CBN abrasive grain and titanium powder is given to heat treatment by the approach. Also in which approach, the titanium thin film considered to have combined with the CBN abrasive grain chemically is obtained.

[0004] When giving a nickel coat to a CBN abrasive grain, usually forms membranes so that the thick layer which reaches also to a maximum of 70% of the weight on the basis of the sum total weight of an abrasive grain and a coat with electroplating, nonelectrolytic plating, and/or a vacuum evaporation technique may be made. although these coat abrasive grains show the good engine performance in a tool like a grinding stone -- loss of a CBN abrasive grain -- a stage -- it may be thought that it is premature Therefore, to raise the holdout of an abrasive grain, without spoiling the cutting-ability ability of an abrasive grain is desired.

[0005]

[The technical problem which should be solved] This invention relates to the new coat (coating) for the abrasive grains (CBN, a diamond, other same abrasives, etc.) used for a grinding tool. Although desirable abrasives are CBN and explanation of henceforth about this invention is made about a CBN abrasive grain, this invention is applicable also to other abrasive grains (for example, abrasive grain similar to a diamond or it). when making reference about CBN, CBN is used as instantiation for explaining this invention -- \*\*\*\* -- please do not pass but understand it as what is used in the semantics which also included other abrasive grains.

[0006] One of the objects of this invention is offering a coat abrasive grain. Another object of this invention is offering the abrasive grain covered with the coat which promotes maintenance of the abrasive grain in a grinding tool or abrasive tools, and which was stuck firmly. Object of this invention another again is offering the CBN abrasive grain covered with the coat which promotes maintenance of the CBN abrasive grain in the grinding tool of a grinding stone and others, and which was stuck firmly.

[0007] Still more nearly another object of this invention is offering the grinding tool which

consists of CBN abrasive grains which have the coat which raises the effectiveness of a grinding tool on a front face while promoting maintenance of the abrasive grain in a grinding tool. The above-mentioned object and the other objects will become clear from detailed explanation of henceforth about this invention.

[0008]

[Means for Solution] The above-mentioned object of this invention is attained by covering an abrasive grain with the specific coat (coating) which consists of a metal or an alloy constituent. The coat of this invention consists of a specific simultaneous deposit metallic film constituent which consists of two or more metal constituents which make a specific multilayer compound coat, or makes at least one layer. The simultaneous deposit metallic film which consists of the 1st metal layer of a multilayer compound coat or at least one layer prepared in an abrasive grain front face is stuck to the front face of an abrasive grain like CBN. The 1st metal layer in a multilayer compound coat is preferably combined with the front face of a CBN abrasive grain chemically. Thus, if the 1st metal layer of a multilayer compound coat has combined with the front face of a CBN abrasive grain chemically, the holdout of the abrasive grain in a coat and a grinding tool will improve. An additional layer raises further the holdout of the abrasive grain in the resin base material of a grinding tool like a grinding stone. This multilayer compound coat consists of a metal and/or an alloy constituent, the number of the layers of a compound coat is at least three, and each layer consists of a specific metal constituent, respectively as stated henceforth.

[0009] On the other hand, a simultaneous deposit (co-deposited) metallic film constituent makes at least one layer. It became clear that it would raise the engine performance of a grinding tool substantially even if this simultaneous deposit metallic film is a single layer.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Although the CBN abrasive grain used on the occasion of operation of this invention is the thing of the grain size by which the thing of for example, 170 / 200US mesh size etc. was commonly used conventionally in the grinding stone, it may have the grain size used by the grinding tool of a grinding stone and others besides it. As such a grain size, to be 80/100 - 325 / 400US mesh size, in addition what is necessary is just the mesh size usually used for a grinding tool (especially grinding stone). The grain size of this abrasive grain can be widely changed within the limits of 1-1000 microns. However, an abrasive grain is a cut profile (cuttingprofile). While giving, in order to make it not dilute too much with a metallic film, the thing of sufficient grain size should be chosen, otherwise there is a possibility that the engine performance of a tool may no longer be demonstrated fully.

[0011] The CBN abrasive grain used by this invention is usually obtained by inversion of the hexagonal boron nitride under existence of a catalyst which is indicated by U.S. Pat. No. 4289503, 2947617, 4188194, and 3212852, or the elevated-temperature high voltage under absent. In the hexagonal boron nitride of a suitable gestalt, it is pyrolysis boron nitride (pyrolytic boron nitride). And graphite mold boron nitride (graphitic boron nitride) It is mentioned. In addition, the boron nitride (WCN) which has the wurtzite type structure near hexagonal close-packed structure is also included by the vocabulary "cubic boron nitride."

[0012] It is desirable to use the CBN abrasive grain of grain size [ being obtained by the translation process ]. However, in this invention, the CBN abrasive grain obtained by grinding or carrying out pulverization to request grain size with a common use technique in the ingredient of a big grain size can also be used. The CBN abrasive grain to be used may be the thing of the aggregate type voice acquired by sintering a metallic-coating CBN particle, considering as a big lump, and subsequently carrying out pulverization of this lump to the aggregate of request grain size.

[0013] When the multilayer compound coat of this invention is described, what was chemically combined with the front face of a CBN abrasive grain according to the presentation of the 1st metal layer, membrane formation temperature, and the crystal structure of an abrasive grain is sufficient as the 1st metal layer which covers a CBN abrasive grain, or what was combined physically is sufficient as it. When chemical association is desired, the technique which enables chemical association of the metal on the front face of a particle is used. Chemical association

produces the gap layer (interstitial layer) which consists of carbide, a metaled boride, or a metaled nitride. Therefore, the desirable metal used can generate carbide, a boride, an oxide, or a nitride under the usual membrane formation conditions. Those alloys are contained in this metal at lists, such as titanium, a zirconium, a hafnium, vanadium, niobium, a tantalum, chromium, molybdenum, and a tungsten. For many applications in case chemical association is desired, titanium is desirable. A boride, a nitride, above-mentioned metaled carbide, and above-mentioned metaled oxide (for example, titanium carbide, titanium nitride, etc.) are also included by the vocabulary the "metal" used in this description.

[0014] On the other hand, when chemical association is not appropriate, the 1st metal layer of a multilayer compound coat is made to adhere physically on the surface of an abrasive grain in respect of the property of the proper of an abrasive grain, and the resistance of an abrasive grain [ as opposed to the membrane formation temperature of the 1st metal layer at least ]. For example, when the membrane formation temperature of the 1st metal layer in a multilayer compound coat brings about lowering and decrease of crystal structure reinforcement, it is necessary to make it the 1st metal layer adhere to the physical target instead of chemical association on an abrasive grain front face using lower membrane formation temperature to the 1st metal layer of this invention.

[0015] The coat of a monolayer is also contained in the technical range of this invention. The coat of such a monolayer consists of at least one layer which consists of simultaneous deposit metal constituents. Although this single layer is desirable, a simultaneous deposit metal layer may be further covered with a metal constituent, and this metal constituent can form the layer of one or more additions on a simultaneous deposit metal layer. The gestalt which idealized the CBN abrasive grain used on the occasion of operation of this invention may consist of a tetrahedron and a configuration of a crystal which is an angle dropping tetrahedron (truncated tetrahedra) preferably. An angle dropping tetrahedron which has the crystal face (namely, beveled \*\* (beveled edges)) where the crystal of a certain rate is high order as another gestalt of a CBN abrasive grain is sufficient. It may consist of an angle dropping tetrahedron which twinning happened in common as a CBN abrasive grain of still more nearly another gestalt, and produced the high order crystal face on \*\*.

[0016] A diamond abrasive grain is also mentioned as a thing belonging to the technical range of this invention. Although both structures of a diamond crystal and a CBN crystal are similar at the point which is carrying out covalent bond firmly by regular-tetrahedron association, CBN differs to a diamond having center of symmetry at the point which it does not have. Each crystal can be written and identified with the easy crystal system called "a gestalt characteristic (Morphology Index)."

[0017] If the criteria of this invention are satisfied, other abrasive grains are also contained in the technical range of this invention. These criteria are that a coat abrasive grain brings improvement in the engine performance of a grinding tool to a being [ it / what that abrasive grain can cover with the metal constituent of this invention ] list. In addition to this as such other abrasive grains, an aluminum oxide, silicon carbide, and the same well-known abrasive grain are mentioned.

[0018] The thickness and/or the amount of a simultaneous deposit metal layer as the 1st metal layer or monolayer of the multilayer compound coat prepared on a CBN abrasive grain can be changed in the large range. It can also use submicron one, i.e., the thickness of less than (for example, 0.5 micrometers) 1.0 micrometers. however -- a multilayer compound coat -- 1 or more than it -- "-- others -- it is desirable that metal layer" (namely, metal layers other than the 1st metal layer) makes most coats. Preferably, the thickness of the 1st metal layer of a multilayer compound coat is obtained with the conventional salt bath deposit (salt bath deposition) technique which is indicated by U.S. Pat. No. 2746888. This salt bath deposit technique is a desirable approach for forming the 1st metal layer on a CBN abrasive grain. Usually is immersed in a CBN abrasive grain during the fused salt bath which becomes a deposit of a metal from the metal of a valence state higher than the alkali metal or the alkaline-earth-metal halogenide, and zero beyond one kind or it. In order to obtain the metal which could also use the compound (for example, metal chloride) with the metal of a still higher valence state, or

was ionized by electrolyzing a salt bath, a direct current can also be passed to inter-electrode. When it deposits a titanium coat, titanium is changed into a divalent condition by being in a divalent condition as 2 halogenation titanium, or passing a direct current through a titanium electrode. The temperature of a titanium salt bath is within the limits of 800–1500 degrees F usually. The still more detailed explanation about a suitable process is indicated by U.S. Pat. No. 2746888.

[0019] the approach of others [ membrane formation / of the 1st metal layer of a multilayer compound coat ] -- suitable -- \*\*\*\* -- for example, a chemical-vacuum-deposition (CVD; chemical vapor deposition) technique -- a low voltage chemical-vacuum-deposition (LPCVD; low pressure chemical vapor deposition) technique is mentioned still more preferably. With these techniques, reduced pressure and an elevated temperature are used usually. Various chemical vapor deposition is common knowledge, and especially the chemical vapor deposition about metallic carbide including titanium nitride or titanium carbide, a boride, a nitride, and an oxide is known well. A suitable chemical-vacuum-deposition technique, a system, and a device are Kirk-Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology It is indicated by 262–264 pages of Vol.15 (1981).

[0020] A titanium carbide LPCVD coat is obtained from a titanium tetrachloride, methane, and hydrogen gas. A titanium nitride CVD coat is obtained from nitrogen gas and a titanium tetrachloride. As the nitrogen originates in the front face of a CBN abrasive grain, it can also form a titanium nitride coat in it. When covering a CBN abrasive grain with CVD or a LPCVD technique, it is vacuum firing (vacuum firing). It is desirable to remove an oxide and an volatile impurity (a surface contamination oxide like especially boron oxide) from a front face. The suitable technique for removing these impurities is further indicated by U.S. Pat. No. 4289503 at the detail. In advance of vacuum firing, it is sometimes desirable to remove a residual metal and the organic substance from a CBN abrasive grain front face by the usual acid cleaning.

[0021] There is nonelectrolytic plating or the approach of electroplating with a metal or an alloy about the approach or CBN abrasive grain which heat-treats a CBN abrasive grain under a metal-powder object existence which is indicated by U.S. Pat. No. 4399167 as the suitable approach of others for creating the 1st metal layer of a multilayer compound coat. With the selected metal, sufficient bond strength must be obtained on the occasion of formation of metallic carbide or a metal nitride gap layer.

[0022] Other metal layers can be created with various techniques including nonelectrolytic plating, electroplating, and a vacuum evaporation technique. The technique about nonelectrolytic plating and electroplating and a system are Kirk-Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology It is indicated by 241–247 pages of Vol.15 (1981). As for these techniques, it is desirable to carry out under conditions in which a thick metal layer is formed. By request, these secondary metal layers can also be created with a LPCVD technique or a salt bath deposit technique.

[0023] This approach is indicated by the above-mentioned reference although the simultaneous deposit metal layer of this invention is generally created by the nonelectrolytic plating method. Those borides, a nitride, a phosphide, and an oxide are contained in the metal which was suitable for using the 1st metal layer for a wrap layer about the multilayer compound coat at nickel, cobalt, those alloys, and a list. In these metals, nickel and cobalt are desirable, usually, it is covered with the non-electrochemical coating technique in the nickel, or the cobalt / hypophosphite solution in the temperature of less than about 250 degrees F, and little Lynn also deposits by this approach. The layer which carried out the simultaneous deposit is also suitable for other metal constituent layers in a multilayer compound coat from cobalt / nickel / hypophosphite solution, little Lynn deposits also in this case, and, as a result, the simultaneous deposit metal layer of cobalt-nickel-Lynn is obtained. The suitable nonelectrolytic plating method is indicated by U.S. Pat. No. 3556839.

[0024] In a multilayer compound coat, other enveloping layers prepared after the 1st metal layer (for example, titanium) to a CBN abrasive grain are different metal layers. Such a consecutive metal layer consists of a pure metal, metallic phosphorus, or those combination. For example, the CBN abrasive grain covered with the multilayer compound coat may have the 4th layer

which consists of the 1st layer which consists of titanium (it combined with the front face of a CBN abrasive grain chemically), the 2nd layer which consists of nickel-Lynn, the 3rd layer which consists of pure nickel, and nickel-Lynn. Moreover, the CBN abrasive grain covered with the multilayer compound coat may have the 4th layer which consists of the 1st layer which consists of titanium, the 2nd layer which consists of nickel-Lynn, the 3rd layer which consists of cobalt-Lynn, and nickel-Lynn. Moreover, what becomes fundamental is contained in the technical range of this invention from the thing which the consecutiveness layer of a multilayer compound coat made carry out the simultaneous deposit of the combination of two or more ingredients like nickel-cobalt-Lynn. The combination of these ingredients is not restrictive for the purpose of instantiation.

[0025] Although the above explains the case where it consists of four metal layers, when it is things other than the metal of resemblance which the 1st metal layer has combined with things other than titanium, or the front face of a CBN abrasive grain chemically as what is contained within the limits of the multilayer compound coat of this invention, there is a thing thing which covered the CBN abrasive grain with three layers. Like [ at the time of making the 1st metal layer like titanium adhere at the temperature exceeding about 800 degrees F ], the gestalt of this operation is useful, especially when the membrane formation temperature of the 1st metal layer causes deterioration of a crystal property. For example, the three-layer coat of this invention may have the 1st layer of nickel-Lynn or cobalt-Lynn. The 2nd layer can be used as the simultaneous deposit layer of nickel, cobalt, or nickel-cobalt-Lynn, and nickel-Lynn or cobalt-Lynn is sufficient as the 3rd layer, and as long as the 2nd layer is not a simultaneous deposit layer of nickel-cobalt-Lynn, it may be a simultaneous deposit layer of nickel-cobalt-Lynn. At less than about 250 degrees F, the membrane formation temperature of the 1st metal layer can apply the gestalt of this operation, when the 1st metal layer brings about not chemical association but the result which adheres physically on the surface of an abrasive grain.

[0026] An abrasive grain can be used as the abrasives of a diamond, CBN, or in addition to this resemblance as above-mentioned. Especially the 1st coat layer seems to be able to bear the membrane formation temperature of the coat layer to a crystal base material, without [ the coat layer in the multilayer composite, and ] a crystal losing structure reinforcement. Therefore, it is needed for the crystal structure to bear membrane formation temperature, without causing deterioration (this affecting a grinding property) of the crystal structure. For example, although a certain kind of CBN crystal can be equal to the titanium coat processing as the 1st layer in the temperature exceeding about 800 degrees F, the CBN crystal of another class cannot bear the titanium coat processing temperature as the 1st layer, therefore for example, nickel-Lynn etc. is needed as the 1st layer. It is desirable that it is what the CBN crystal used on the occasion of operation of this invention can bear, without causing deterioration of a crystal to the coat processing temperature as the 1st layer of titanium. The suitable metal of others which can be used instead of titanium is indicated above as what can be used for the 1st metallic film on an abrasive grain. It can judge in the experiment for a certain specific crystal with the ability of the membrane formation temperature of the 1st metal layer to be borne [ simple / of a multilayer compound coat ] at least. However, it is thought that the CBN abrasive grain which consists of an angle dropping tetrahedron which twinning happened in common and produced the high order crystal face on \*\* cannot be borne at the membrane formation temperature of the suitable metal of others which can be used instead of titanium as the 1st layer of titanium or a multilayer compound coat.

[0027] The multilayer compound metallic film or the simultaneous deposit metallic film of at least one layer applied to a CBN abrasive grain consists of the above metal layers usually. This metallic film is prepared in the amount equivalent to about 30 - 95% of the weight of the sum total weight of a CBN abrasive grain and a coat. A desirable amount is within the limits of about 60 - 80% of the weight of the sum total weight of a CBN abrasive grain and a coat. As for the thickness of a coat, it is desirable to exceed 5 micrometers to the CBN abrasive grain of the grain size exceeding about 35 micrometers. In order to aim at improvement in adhesion with a resin base material, a thick coat is desirable so that the coarse front face of an organization may be given. Although the holdout of the abrasive grain within a grinding tool will improve if the



amount of a metallic film exceeds about 95% of the weight of the sum total weight of a CBN abrasive grain and a coat, an abrasive grain is diluted too much and cutting-ability ability may fall. Although a useful thing may also have the metallic film of the amount which is less than about 30% of the weight of sum total weight to a big CBN abrasive grain when the thickness of a coat exceeds 5 micrometers, a CBN abrasive grain with such a coat does not demonstrate all the useful effectiveness of this invention.

[0028] The 1st metal layer of a multilayer compound coat is formed with a salt bath technique, and, as for a typical operation gestalt, other layers are formed with a nonelectrolytic plating technique. The example of this coat is titanium which the 1st metal layer deposited with the salt bath technique, and other metal layers can be deposited with a nonelectrolytic plating technique in nickel-Lynn, cobalt-Lynn, simultaneous deposit nickel-cobalt-Lynn, etc. On the other hand, the layer of a pure metal may be deposited with a nonelectrolytic plating technique.

[0029] The thickness of a metallic film may be changed into adjustment of the abrasive grain maintenance property of a grinding tool, lubricating properties, and a thermal diffusion property, the class of metallic film may be changed into it, and the grain size of an abrasive grain may be further changed into it. This contractor can determine the desirable metallic film about the target tool, grain size, and the thickness of a coat by formal trial. The important feature in one mode of this invention is in a multilayer compound coat and a presentation of that as above-mentioned. This contains at least three layers or at least four layers according to the multilayer compound coat to be used, and each class consists of a metal constituent. This metal constituent layer is chosen independently of the metal constituent indicated on these descriptions, as long as the abrasive grain as a base material can bear the membrane formation temperature of a coat layer (when the 1st layer joins together chemically on the surface of an abrasive grain especially at the time of adhesion of the metal layer on the front face of an abrasive grain). Preferably, the 1st layer is titanium depending on a crystal base material, or is the alloy, carbide, or a nitride. For example, when combining titanium with the front face of a CBN abrasive grain, it is thought that the boundary is probably titanium nitride. Moreover, what is an alloy coat like other alloys with which the layer (namely, outermost layer of drum) of the last of a multilayer compound coat belongs to nickel-Lynn, cobalt-Lynn, simultaneous deposit nickel-cobalt-Lynn, or the range of this invention is desirable.

[0030] In creation of a metal layer or an alloy layer, whether it is a multilayer compound coat or is the simultaneous deposit metallic film which makes at least one layer, it may come to consist of two or more layers in which the two or more layers with the same metal presentation were formed and which the layer of the same metal constituent (a pure metal or alloy) followed in the used process. When the presentation of the layer consists of the same metal constituent (namely, a pure metal or an alloy), in this invention, it is regarded as a single layer. For example, in order to obtain the nickel-Lynn layer of necessary thickness depending on the process to be used, making two or more nickel-Lynn layers deposit continuously may be needed for creation or a deposit of a nickel-Lynn coat. 2 or the nickel-Lynn layer beyond it will participate in this. However, if it carries out from the object of this invention, even when consisting of two or more nickel-Lynn layers which continued even if, it will be considered that this nickel-Lynn layer is a single layer. This is applied also about a deposit of the pure metal layer of a case so that two or more pure metal layers in the used process may deposit continuously. In such a case, if it carries out from the object of this invention, even if this pure metal layer consisted of a series of pure metal layers, it will be considered that it is a single layer. The layers which adjoined each other on the occasion of operation of this invention must be the things of a different metal presentation.

[0031] The abrasive grain used as a base material can bear the coat processing temperature of the 1st metal constituent layer at least as above-mentioned, without causing decrease of crystal structure reinforcement, and degradation. For example, in a certain kind of CBN abrasive grain, coat processing of the titanium chemically combined with the front face for the crystal structure cannot be borne. Therefore, it is necessary to use a coat with low membrane formation temperature like a nickel-Lynn layer, a cobalt-Lynn layer, or a simultaneous deposit nickel-cobalt-Lynn alloy layer applied to this abrasive grain at least as 1st metal layer. It is

desirable to use the abrasive grain which can bear the membrane formation temperature of titanium also in this case.

[0032] The CBN abrasive grain after covering with the coat constituent of this invention is applicable to manufacture of a grinding tool like a grinding stone by immersing a coat abrasive grain into a suitable resin base material. Immersion processing in the resin base material of a coat CBN abrasive grain can be carried out with the conventional technique which is indicated by Takahashi's U.S. Pat. No. 4671021. Usually, a coated particle is mixed with phenol resin and the mixture is fabricated in a desired configuration in metal mold. Subsequently, phenol resin is stiffened under temperature up, a coated particle is combined in a solid-state base material, and it considers as the solid-state aggregate of high tensile strength. A desirable tool is a grinding stone which covers the CBN abrasive grain of the same grain size (for example, particle size distribution of 170/200 mesh size) as usual with the coat constituent of this invention as above-mentioned, and it comes to join together by phenol resin.

[0033] As long as the grinding tool obtained by this invention is the thing of the gestalt or the configuration where it has been conventionally used for the tool which used the CBN abrasive grain, it may be what kind of thing. Such a grinding tool can be created using a usual die and metal mold. A desirable grinding tool is a grinding stone used for metaled grinding. This grinding stone shows the abrasion resistance, the lubricating properties, and the thermal diffusion property which have been improved on the occasion of an activity compared with the grinding stone manufactured with the CBN abrasive grain without the coat constituent of this invention.

[0034] The following desirable concrete examples do not limit the content of disclosure of this description for the purpose of mere instantiation.

[0035]

[Example] Titanium covered the cubic boron nitride abrasive grain which has the crystal structure shown in a later table in the salt bath of the salt mixture which contained titanium metal and NaCl, KCl, and CaCl by the ratio of 40/55/5. The temperature of a salt bath was 800–1500 degrees F. After processing for about 2 hours, weighing capacity of the abrasive grain was taken out and carried out, and the coating weight of titanium was calculated. The abrasive grain had the titanium coat with a thickness of about 0.5–10 micrometers.

[0036] Subsequently to a table, the titanium coat CBN abrasive grain was covered with a series of shown coat layers. In this example, about the alloy coat, membranes were formed by the nonelectrolytic plating method, and were formed with electroplating about the pure metal coat. The used nonelectrolytic plating liquid was the nickel or cobalt plating liquid of a hypophosphorous acid mold. pH is usually in about 4 – about 12.0 range, and temperature was maintained in the range of 60–95 degrees C. When each class was independently deposited from a separate bath and nickel or cobalt quenched, it discarded the bath and used a new bath for the following coat layer. In the case of the simultaneous deposit metallic film of a monolayer, the used coat approach is a nonelectrolytic plating method. The amount of a coat was usually about 65 – 70 % of the weight on the basis of the sum total weight of an abrasive grain and a coat, and the Lynn content was the 2 – 11%.

[0037] The coat CBN abrasive grain was mixed with usual phenol resin (phenol formaldehyde resin) next. The mixing ratio was a weight ratio idiomatically used for association of the abrasive grain in a grinding stone. Next, this mixture was fabricated with a well-known technique which is indicated by U.S. Pat. No. 4671021, such as Takahashi, to the grinding stone with a width of face [ of 7mm ], and a diameter of 150mm.

[0038] In the presentation shown in the table, the numeric values after each coat layer are an abrasive grain in the coat stratification event, and the weight percent of the metallic film on the basis of the sum total weight of a coat, and the numeric value shown at the end is the weight percent of an abrasive grain and the whole metallic film on the basis of the sum total weight of a coat. In a table 1, it is a relative value to the contrast sample 1, and in a table 2, a relative grinding ratio (grinding effectiveness) and relative power are the relative values to a contrast sample, and are a value when setting the equipment value of each contrast sample to 100.

[0039] The following codes were used in the table.

nickel= nickel Ti= titanium NiP= nickel–Lynn CoP= -- cobalt–Lynn Co–nickel–P= simultaneous

deposit nickel-cobalt-Lynn -- the grindability ability of the grinding stone manufactured in the trial example of relative grindability ability is shown in a table 1, a table 2, and a table 3. About all grinding stones, the grindability ability to the SKH51 (HRC63) tool-steel work as \*\*\*\*\*-ed installed in the both-way formula grinding bench was examined. The grinding stone rates were 30 m/sec. Making the bench go at the rate of 15 m/min, the lower part feed per revolution was 0.025mm. After carrying out predetermined time (more than usually 5 minute) grinding, it asked for the grinding ratio (grinding stone loss in quantity / work loss in quantity) about each grinding stone. The higher grinding stone of a grinding ratio will have the outstanding wear rate (that is, small).

[0040]

[A table 1]

表 1  
研 削 性 能 ( 1 7 0 / 2 0 0 メ ッ シ ュ )

試料	結 晶 タイプ	被 膜 層	湿 式 研 削				乾 式 研 削			
			G比	電力	相対G比	相対電力	G比	電力	相対G比	相対電力
対照1	A	NiP60	469	11.8	100	100	138	5.5	100	100
対照2	B	Ti/NiP60	706	11.6	151	98	175	4.6	127	84
1	B	Ti/NiP7/Ni25/NiP60	778	12.2	166	103	242	5.4	175	98
2	B	Ti/NiP7/CoP17/NiP60	566	11.3	121	96	211	4.7	153	85
対照3	C	NiP60	492	12.1	100	100				
4	C	Ti/NiP7/Ni40/NiP60	906	11.7	184	97	274	5.6	199	102
5	C	Ti/NiP7/CoP17/NiP60	783	10.9	159	91	227	4.4	164	81
6	C	Ti/CoP10/NiP60	483	10.5	95	87				

- 結晶A — 双晶形成が共通して起こり稜上に高次の結晶面を生じた角落とし四面体からなるCBN結晶  
 結晶B — 角落とし四面体からなるCBN結晶  
 結晶C — 高次の結晶面を有する角落とし四面体からなるCBN結晶  
 電力 —  $W \cdot h / \text{cm}^3$   
 湿式研削 — M-4鋼に対する多段研削 (切込み深さ0.001インチ)  
 乾式研削 — M-4鋼に対する多段研削 (切込み深さ0.0015インチ)

[0041]

[A table 2]

表 2  
湿式研削性能 (140/170メッシュ\*)

試 料	皮膜層	G 比	相 対 G 比
対 照	NiP60	430	100
1	NiP7/Ni17/NiP60	477	111
2	NiP7/Ni40/NiP60	550	128
3	同時析出Co-Ni-P	577	134
4	NiP7/CoP17/NiP60	587	137

- \*結晶 — 表1に記載のCBN結晶A  
 湿式研削 — M-4鋼に対する多段研削 (切込み深さ0.001インチ)

[0042]

[A table 3]

表 3  
ブランジ研削性能 (M-2 鋼)  
 湿式研削

試 料	CBN結晶C メッシュサイズ	皮 膜 層	切込み深さ (インチ)	G比
対照	170/200	NiP60	0.0015	89
1	170/200	Ti/NiP7/CoP17/ CoP60	0.0015	335
2	140/170	Ti/NiP6/Co-Ni-P60	0.0015	326
3	140/170	CTi/NiP6/同時析出 Co-Ni-P60	0.0015	363

CTi : チタンをCBN結晶上に蒸着法で成膜

結晶 : 表 1 に記載の CBN 結晶 C

同時析出 Co-Ni-P : コバルト/ニッケル = 1 : 1 (重量比)

[0043] in the abrasives constituent of this invention which has a multilayer compound coat or the simultaneous deposit nickel-cobalt-Lynn coat of a monolayer, grinding effectiveness is remarkable a passage clear from a table 1, a table 2, and a table 3 — it is improved. For example, although what the multilayer compound coat is constituted from four layers, and titanium has combined with the front face of a CBN abrasive grain chemically as 1st metal layer is shown in a table 1, with the abrasives constituent of this invention, grinding effectiveness is remarkably improved so that the G ratio (grinding ratio), a relative G ratio (relative grinding ratio), and relative power may see. That (samples 1, 2, and 4) in which the multilayer compound coat consists of three layers from a table 2, and the 1st metal layer has adhered to the front face of a CBN abrasive grain physically from it is also known by that grinding effectiveness is improved remarkably (see G ratio and the relative G ratio). As for a table 2, the simultaneous deposit metallic film (sample 3) of a monolayer also shows that a remarkable improvement is shown in grinding effectiveness. In the multilayer compound coat shown in a table 3, improvement with the dramatic plunge-cutting engine performance is accepted. Plunge cutting is a cruel grinding trial and the improvement reaches by about 4 times the contrast sample.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-323046

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 0 2 C 18/18			B 0 2 C 18/18	Z
B 2 3 P 15/28			B 2 3 P 15/28	A
B 2 4 D 3/00	3 3 0		B 2 4 D 3/00	3 3 0 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平9-10983	(71)出願人	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ GENERAL ELECTRIC CO MPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スネ クタデイ、リバーロード、1番
(22)出願日	平成9年(1997)1月24日	(72)発明者	ブラッドリー・ロス・カラス アメリカ合衆国、オハイオ州、ウェスター ビル、コーンヒル・コート、350番
(31)優先権主張番号	08/592091	(72)発明者	ダニエル・リチャード・リエル アメリカ合衆国、オハイオ州、パウエル、 コンコード・ロード、9340番
(32)優先日	1996年1月26日	(74)代理人	弁理士 生沼 徳二
(33)優先権主張国	米国 (US)		

(54)【発明の名称】 研削工具用の被覆研削材

(57)【要約】

【課題】 砥粒の保持性及び研削性能の向上した研削工  
具の提供。

【解決手段】 立方晶窒化ホウ素又はダイヤモンドのよ  
うな砥粒の表面に、多層複合皮膜又は単一層としての同  
時析出金属皮膜を設ける。多層複合皮膜は、第1の金属  
層が砥粒表面に化学的に結合しているときには4層で構  
成され、第1の金属層が砥粒の表面に物理的に付着して  
いるときには3層で構成される。4層の場合の例はチタ  
ン、ニッケル-リン、ニッケル及びニッケル-リンであ  
り、3層の場合の例はニッケル-リン、ニッケル及びニ  
ッケル-リンである。単一層としての同時析出金属皮膜  
は砥粒表面にニッケル-コバルト-リンを同時析出させ  
てなる。かかる被覆砥粒を研削砥石の製造に使用する  
と、研削砥石の研削性能が大幅に向上する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記(a)～(c)：

(a) 少なくとも4つの金属層を含んでなる多層複合皮膜であって、第1の金属層が砥粒の表面に化学的に結合して、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タンゲステン及びそれらの合金からなる群から選択され、それに続く複数の金属層がニッケル、コバルト、それらの合金、それらのホウ化物、窒化物、リン化合物及び酸化物並びにそれらの同時析出金属組成物からなる群から選択され、かつ最外層がその直前の層とは異なる金属組成を有する合金である、多層複合皮膜、(b) 少なくとも3つの層を含んでなる多層複合皮膜であって、第1の層が砥粒の表面に物理的に付着して、ニッケル-リン及びコバルト-リンからなる群から選択され、それに続く複数の金属層がニッケル、コバルト、ニッケル-リン、コバルト-リン及び同時析出ニッケル-コバルト-リンからなる群から選択され、かつ最外層がその直前の層とは異なる組成を有する合金である、多層複合皮膜、並びに

(c) ニッケル-コバルト-リンの同時析出金属組成物からなり、砥粒の表面に物理的に付着した少なくとも1つの金属層からなる群から選択される皮膜で被覆された砥粒を含んでなる、研削工具での使用に適した研削材組成物。

【請求項2】 前記砥粒が、第1の金属層が前記砥粒の表面に化学的に結合したチタンであるような多層複合皮膜で被覆されている、請求項1記載の研削材組成物。

【請求項3】 前記砥粒が立方晶窒化ホウ素又はダイヤモンドである、請求項1記載の研削材組成物。

【請求項4】 前記多層複合皮膜の最外層がニッケル-リンである、請求項1記載の研削材組成物。

【請求項5】 前記砥粒が立方晶窒化ホウ素であって、かつ多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に化学的に結合したチタン、(2)その隣接層としてのニッケル-リン、(3)(2)に隣接する層としてのニッケル、及び(4)最外層としてのニッケル-リンから基本的になる4つの金属層を含んでなる、請求項3記載の研削材組成物。

【請求項6】 前記砥粒が立方晶窒化ホウ素であって、かつ多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に化学的に結合したチタン、(2)その隣接層としてのニッケル-リン、(3)(2)に隣接する層としてのコバルト、及び(4)最外層としてのニッケル-リンから基本的になる4つの金属層を含んでなる、請求項3記載の研削材組成物。

【請求項7】 前記砥粒が立方晶窒化ホウ素であって、かつ多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に化学的に結合したチタン、(2)その隣接層としてのニッケル-リンの層、(3)(2)に隣接する層としてのコバルト-リン、及び(4)最外層としてのニッケル-リンから基本

的になる4つの層を含んでなる、請求項3記載の研削材組成物。

【請求項8】 前記砥粒が立方晶窒化ホウ素であって、かつ多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に化学的に結合したチタン、(2)その隣接層としてのニッケル-リン、(3)(2)に隣接する層としてのコバルト、及び(4)最外層としてのニッケル-リンから基本的になる4つの層を含んでなる、請求項3記載の研削材組成物。

【請求項9】 前記多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に物理的に結合したニッケル-リン、(2)その隣接層としてのニッケル、及び(3)最外層としてのニッケル-リンから基本的になる3つの層を含んでなる、請求項1記載の研削材組成物。

【請求項10】 前記多層複合皮膜が(1)砥粒の表面に物理的に結合したニッケル-リン、(2)その隣接層としてのコバルト、及び(3)最外層としてのニッケル-リンから基本的になる3つの層を含んでなる、請求項1記載の研削材組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、特に研削砥石などの研削工具又はそれに類する工具の研削効率を向上させるための、かかる工具用の被覆研削材に関するものである。研削砥石又はそれに類する工具は一般に砥粒を樹脂母材で結合したものからなっていて、母材内での砥粒の保持性の向上を図るために砥粒はその表面上に特定の金属皮膜を有している。砥粒としては、立方晶窒化ホウ素(以下CBNと略す)、ダイヤモンド或いは研削砥石その他同様の工具に使用される同様の研削材が挙げられる。

【0002】

【従来の技術】例えばCBN砥粒などの砥粒表面のニッケル又はチタン皮膜によって、研削砥石のような研削工具の樹脂母材中における砥粒の保持性が向上することは、当技術分野において公知である。被覆砥粒の喪失は、(a)皮膜からの砥粒の離脱並びに(b)母材からの被覆砥粒の離脱に起因するのが通例である。摩耗して鈍化した砥粒が失われることは、新しい砥粒の露出によって研削工具を鋭利な状態に維持するために必要であり、さもないと研削工具の効率が落ちてしまう。

【0003】CBN砥粒にチタン皮膜を施す場合、米国特許第2746888号に記載されているような慣用的塩浴技術によって行われるのが通例である。米国特許第4399167号には別の方法が記載されており、その方法ではCBN砥粒とチタン粉末の混合物が熱処理に付される。いずれの方法においても、CBN砥粒に化学的に結合していると考えられるチタン薄膜が得られる。

【0004】CBN砥粒にニッケル皮膜を施す場合、電気めっき、無電解めっき及び/又は蒸着技術によって、砥粒と皮膜の合計重量を基準にして最高70重量%にも

達する厚い層をなすように成膜するのが通例である。これらの被覆砥粒は研削砥石のような工具において良好な性能を示すものの、CBN砥粒の喪失が時期尚早であると思われることがある。そのため、砥粒の切削性能を損なわずに砥粒の保持性を向上させることが望まれている。

【0005】

【解決すべき課題】本発明は、研削工具に用いられる砥粒(CBN、ダイヤモンド、その他同様の研削材など)のための新規な皮膜(コーティング)に関するものである。好ましい研削材はCBNであり、本発明についての以降の説明はCBN砥粒に関してなされるが、本発明はその他の砥粒(例えば、ダイヤモンドやそれに類する砥粒)に対しても適用可能である。CBNについて言及する場合、CBNは本発明を説明するための例示として用いているにすぎず、その他の砥粒も包含した意味で用いているものと理解されたい。

【0006】本発明の目的の一つは被覆砥粒を提供することである。本発明のもう一つの目的は、研削工具又は研磨工具における砥粒の保持を助長する強固に密着した皮膜によって被覆された砥粒を提供することである。本発明のまた別の目的は、研削砥石その他の研削工具におけるCBN砥粒の保持を助長する強固に密着した皮膜によって被覆されたCBN砥粒を提供することである。

【0007】本発明のさらに別の目的は、研削工具における砥粒の保持を助長するとともに研削工具の効率を向上させる皮膜を表面に有するCBN砥粒で構成される研削工具を提供することである。上記の目的及びその他の目的は、本発明についての以降の詳細な説明から明らかとなる。

【0008】

【解決手段】本発明の上記の目的は、金属又は合金組成物からなる特定の皮膜(コーティング)で砥粒を被覆することによって達成される。本発明の皮膜は、特定の多層複合皮膜をなす複数の金属組成物からなるか、或いは少なくとも1つの層をなす特定の同時析出金属皮膜組成物からなる。砥粒表面に設けられる多層複合皮膜の第1の金属層又は少なくとも1つの層からなる同時析出金属皮膜は、例えばCBNのような砥粒の表面に密着している。多層複合皮膜における第1の金属層は、好ましくは、CBN砥粒の表面に化学的に結合している。このようにCBN砥粒の表面に多層複合皮膜の第1の金属層が化学的に結合していると、皮膜内及び研削工具内における砥粒の保持性が向上する。追加の層は、研削砥石のような研削工具の樹脂母材内における砥粒の保持性をさらに向上させる。以降で述べる通り、かかる多層複合皮膜は金属及び/又は合金組成物で構成され、複合皮膜の層の数は少なくとも3つであって各々の層はそれぞれ特定の金属組成物からなる。

【0009】一方、同時析出(co-deposited)金属皮膜組

成物は少なくとも1つの層をなす。この同時析出金属皮膜は、たとえ単一の層であっても、研削工具の性能を大幅に向上させることが判明した。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の実施に際して用いられるCBN砥粒は、例えば170/200USメッシュサイズのものなど、研削砥石において従来慣用されていた粒度のものであるが、それ以外にも研削砥石その他の研削工具で使われる粒度を有するものでもよい。そのような粒度としては例えば80/100~325/400USメッシュサイズであってもよいし、その他研削工具(特に研削砥石)に通例用いられるメッシュサイズであればよい。かかる砥粒の粒度は、1~1000ミクロンの範囲内で広く変更することができる。ただし、砥粒は、切削プロファイル(cutting profile)を与えるとともに金属皮膜によって過度に希釈されないようにするために十分な粒度のものを選択すべきであり、さもないと工具の性能が十分に発揮されなくなるおそれがある。

【0011】本発明で用いられるCBN砥粒は、通例は、米国特許第4289503号、同第2947617号、同第4188194号及び同第3212852号に記載されているような、触媒の存在下もしくは不在下での高温高压下での六方晶窒化ホウ素の転化によって得られる。好適な形態の六方晶窒化ホウ素には、熱分解窒化ホウ素(pyrolytic boron nitride)及び黒鉛型窒化ホウ素(graphitic boron nitride)が挙げられる。なお、「立方晶窒化ホウ素」という用語には、六方最密構造に近いウルツ鉱型構造を有する窒化ホウ素(WCN)も包含される。

【0012】変換プロセスで得られたままの粒度のCBN砥粒を使用するのが好ましい。ただし、本発明では大きな粒度の材料を慣用技術で所望粒度まで粉碎又は微粉化して得られるCBN砥粒を使用することもできる。用いるCBN砥粒は、金属被覆CBN微粒子を焼結して大きな塊とし、次いでこの塊を所望粒度の集合体へと微粉化して得られる集合体の形態のものであってもよい。

【0013】本発明の多層複合皮膜について述べると、CBN砥粒を被覆する第1の金属層は、第1の金属層の組成、成膜温度及び砥粒の結晶構造に応じて、CBN砥粒の表面に化学的に結合したものでもよいし、或いは物理的に結合したものでもよい。化学的結合が望まれる場合には、粒子表面への金属の化学的結合を可能にする技術が用いられる。化学的結合は、金属の炭化物、ホウ化物又は窒化物からなる間隙層(interstitial layer)を生み出す。従って、使用される好ましい金属は通常の成膜条件下で炭化物、ホウ化物、酸化物又は窒化物を生成し得るものである。かかる金属には、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、バナジウム、ニオブ、タンタル、クロム、モリブデン、タングステンなど、並びにそれらの合金が含まれる。化学的結合が望まれる場合の多くの用途

ではチタンが好ましい。本明細書中で用いられる「金属」という用語には、上記の金属のホウ化物、窒化物、炭化物及び酸化物（例えば炭化チタンや窒化チタンなど）も包含される。

【0014】一方、砥粒の固有の性質及び少なくとも第1の金属層の成膜温度に対する砥粒の耐性の点で化学的結合が適当でない場合には、多層複合皮膜の第1の金属層は砥粒の表面に物理的に付着させる。例えば、多層複合皮膜における第1の金属層の成膜温度が結晶構造強度の低下や減損をもたらすようなときには、本発明の第1の金属層に対してもっと低い成膜温度を用いて、砥粒表面に第1の金属層が化学的結合ではなく物理的に付着するようにする必要がある。

【0015】本発明の技術的範囲には、単一層の皮膜も含まれる。このような単一層の皮膜は、同時析出金属組成物からなる少なくとも1つの層からなる。かかる単一の層が好ましいが、同時析出金属層をさらに金属組成物で被覆してもよく、かかる金属組成物は同時析出金属層の上に1以上の追加の層を形成し得る。本発明の実施に際して使用されるCBN砥粒は、理想化した形態が四面体、好ましくは角落とし四面体(truncated tetrahedra)であるような結晶の形状からなるものであってもよい。CBN砥粒の別の形態としては、ある割合の結晶が高次の結晶面（すなわち面取りされた稜（beveled edges））を有しているような角落とし四面体でもよい。さらに別の形態のCBN砥粒としては、双晶形成が共通して起こり稜上に高次の結晶面を生じた角落とし四面体からなるものでもよい。

【0016】本発明の技術的範囲に属するものとしては、ダイヤモンド砥粒も挙げられる。ダイヤモンド結晶とCBN結晶の構造はどちらも正四面体結合で強固に共有結合している点で類似しているが、ダイヤモンドが対称中心を有するのに対してCBNは有しない点で異なる。各々の結晶は「形態指数(Morphology Index)」と呼ばれる簡単な結晶系で表記・識別することができる。

【0017】本発明の基準を満足するものであれば、その他の砥粒も本発明の技術的範囲に含まれる。この基準とは、その砥粒が本発明の金属組成物で被覆できるものであること並びに被覆砥粒が研削工具の性能の向上をもたらすことである。このような他の砥粒としては、酸化アルミニウム、炭化ケイ素及びその他同様の公知の砥粒が挙げられる。

【0018】CBN砥粒上に設けられる多層複合皮膜の第1の金属層又は単一層としての同時析出金属層の厚さ及び／又は量は広い範囲で変更し得る。サブミクロン、すなわち1.0  $\mu\text{m}$ 未満（例えば、0.5  $\mu\text{m}$ ）の厚さを使用することもできる。ただし、多層複合皮膜では、1又はそれ以上の「他の金属層」（すなわち、第1の金属層以外の金属層）が皮膜の大部分をなすのが好ましい。好ましくは、多層複合皮膜の第1の金属層の厚さ

は、米国特許第2746888号に記載されているような従来の塩浴析出(salt bath deposition)技術で得られるものである。かかる塩浴析出技術が、CBN砥粒上に第1の金属層を成膜するための好ましい方法である。金属の析出には、1種類又はそれ以上のアルカリ金属又はアルカリ土類金属ハロゲン化物とゼロより高い原子価状態の金属からなる溶融塩浴中にCBN砥粒を浸漬するのが通例である。さらに高い原子価状態の金属をもつ化合物（例えば、金属塩化物）を使用することもできるし、或いは塩浴を電気分解してイオン化された金属を得るために電極間に直流電流を流すこともできる。チタン皮膜を析出させる場合、チタンは二ハロゲン化チタンとして2価の状態にあるか、或いはチタン電極を通して直流を流すことによって2価の状態にさせられる。チタン塩浴の温度は通例800~1500°Fの範囲内にある。好適なプロセスについてのさらに詳細な説明は米国特許第2746888号に記載されている。

【0019】多層複合皮膜の第1の金属層の成膜には、他の方法も適しており、例えば化学蒸着(CVD; chemical vapor deposition)技術、さらに好ましくは低圧化学蒸着(LPCVD; low pressure chemical vapor deposition)技術が挙げられる。これらの技術では、通例、減圧及び高温が用いられる。様々な化学蒸着法が周知であり、特に、窒化チタンや炭化チタンを始めとする金属炭化物、ホウ化物、窒化物及び酸化物についての化学蒸着法はよく知られている。好適な化学蒸着技術、システム及び機器は、Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 15 (1981)の262~264頁に記載されている。

【0020】炭化チタンLPCVD皮膜は、四塩化チタン、メタンガス及び水素ガスから得られる。窒化チタンCVD皮膜は、窒素ガスと四塩化チタンから得られる。窒化チタン皮膜は、その窒素がCBN砥粒の表面に由来するようにして形成することもできる。CVD又はLPCVD技術でCBN砥粒を被覆する場合、パキュウムファイヤリング(vacuum firing)によって表面から酸化物及び揮発性不純物（特に酸化ホウ素のような表面夾雑酸化物）を除去するのが好ましい。これらの不純物を除去するための好適な技術は、米国特許第4289503号にさらに詳細に記載されている。パキュウムファイヤリングに先立って、通常の酸洗浄でCBN砥粒表面から残留金属や有機物を除去しておくのが望ましいこともある。

【0021】多層複合皮膜の第1の金属層を作成するためのその他の好適な方法としては、米国特許第4399167号に記載されているような金属粉体存在下でCBN砥粒を熱処理する方法或いはCBN砥粒を金属又は合金で無電解めっき又は電気めっきする方法がある。選択した金属で、金属炭化物又は金属窒化物間隙層の形成に



際して十分な結合強度が得られなければならない。

【0022】その他の金属層は、無電解めっき、電気めっき及び蒸着技術を始めとする様々な技術によって作成することができる。無電解めっき及び電気めっきについての技術及びシステムは、Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 15 (1981) の241~247頁に記載されている。これらの技術は厚い金属層が形成されるような条件下で実施するのが好ましい。所望により、これらの二次的な金属層はLPCVD

技術又は塩浴析出技術によって作成することもできる。【0023】本発明の同時析出金属層は一般に無電解めっき法で作成されるが、この方法については上記の文献に記載されている。多層複合皮膜について、第1の金属層を覆う層に用いるのに適した金属には、ニッケル、コバルト、それらの合金、並びにそれらのホウ化物、窒化物、リン化合物及び酸化物が含まれる。これらの金属の中では、ニッケルとコバルトが好ましく、通例約250°

F未満の温度におけるニッケル又はコバルト/次亜リン酸塩溶液での無電解被覆技術によって被覆され、この方法では少量のリンも析出する。多層複合皮膜における他の金属組成物層には、コバルト/ニッケル/次亜リン酸塩溶液から同時析出させた層も適しており、この場合も少量のリンが析出し、その結果コバルト-ニッケル-リンの同時析出金属層が得られる。好適な無電解めっき法は米国特許第3556839号に記載されている。【0024】多層複合皮膜において、CBN砥粒に対して、第1の金属層（例えばチタン）の後に設けられる他の被覆層は異なる金属層である。このような後続の金属層は、純金属又は金属-リン或いはそれらの組合せからなる。例えば、多層複合皮膜で被覆されたCBN砥粒は、（CBN砥粒の表面に化学的に結合した）チタンからなる第1の層、ニッケル-リンからなる第2の層、純ニッケルからなる第3の層及びニッケル-リンからなる第4の層を有するものであってもよい。また、多層複合皮膜で被覆されたCBN砥粒は、チタンからなる第1の層、ニッケル-リンからなる第2の層、コバルト-リンからなる第3の層及びニッケル-リンからなる第4の層を有するものであってもよい。また、多層複合皮膜の後続層がニッケル-コバルト-リンのような複数の材料の組合せを同時析出させたものから基本的になるものも、本発明の技術的範囲に含まれる。これらの材料の組合せは例示を目的としたものであって、限定的なものではない。

【0025】上記は4つの金属層からなる場合について説明したものであるが、本発明の多層複合皮膜の範囲内に含まれるものとしては、第1の金属層がチタン以外のもの或いはCBN砥粒の表面に化学的に結合しているような類似の金属以外のものである場合に、CBN砥粒を3つの層で被覆したもののものがある。この実施の形態

は、チタンのような第1の金属層を約800°Fを上回る温度で付着させるときのように、第1金属層の成膜温度が結晶特性の変質を引起してしまう場合に特に有用である。例えば、本発明の3層皮膜はニッケル-リン又はコバルト-リンの第1の層を有し得る。第2層はニッケル又はコバルト或いはニッケル-コバルト-リンの同時析出層とすることができ、第3層はニッケル-リン又はコバルト-リンでもよいし、第2層がニッケル-コバルト-リンの同時析出層でなければニッケル-コバルト-リンの同時析出層であってもよい。この実施の形態は、第1金属層の成膜温度が約250°F未満で、第1金属層が砥粒の表面に化学的結合ではなく物理的に付着する結果をもたらす場合に、適用可能である。

【0026】前述の通り、砥粒はダイヤモンド、CBN又はその他類似の研削材とし得る。その多層複合材における皮膜層、特に第1皮膜層は、結晶が構造強度を失わずに結晶基材への皮膜層の成膜温度に耐え得るようなものでなければならない。したがって、結晶構造が、結晶構造の変質（これは研削特性に影響を与える）を起こさずに成膜温度に耐えることが必要とされる。例えば、ある種のCBN結晶は約800°Fを上回る温度における第1層としてのチタン被覆処理に耐え得るが、別の種類のCBN結晶は第1層としてのチタン被覆処理温度に耐えることができず、そのため第1層として例えばニッケル-リンなどが必要とされる。本発明の実施に際しては、用いるCBN結晶が、チタンの第1層としての被覆処理温度に対して結晶の変質を起こさずに耐え得るものであることが好ましい。チタンの代りに使用し得るその他の好適な金属は、砥粒上の第1の金属皮膜に使用し得るものとして上記に記載したものである。ある特定の結晶が多層複合皮膜の少なくとも第1の金属層の成膜温度に耐え得るか否かは、簡単な実験で判定できる。ただし、双晶形成が共通して起こり稜上に高次の結晶面を生じた角隅とし四面体からなるCBN砥粒は、チタン又は多層複合皮膜の第1層としてチタンの代りに使用し得るその他の好適な金属の成膜温度に耐えることができないと考えられる。

【0027】CBN砥粒に適用される多層複合金属皮膜又は少なくとも1層の同時析出金属皮膜は、通例、上記のような金属層からなる。かかる金属皮膜は、CBN砥粒と皮膜の合計重量の約30~95重量%に相当する量で設けられる。好ましい量はCBN砥粒と皮膜の合計重量の約60~80重量%の範囲内である。皮膜の厚さは、約35μmを上回る粒度のCBN砥粒に対しては、5μmを超えるのが好ましい。樹脂母材との密着性の向上を図るため組織の粗い表面を与えるように厚い皮膜が望ましい。金属皮膜の量がCBN砥粒と皮膜の合計重量の約95重量%を上回ると、研削工具内での砥粒の保持性は向上するが、砥粒が過度に希釈されて切削性能が低下することがある。皮膜の厚さが5μmを上回る場合、

合計重量の約30重量%を下回る量の金属皮膜が大きなCBN砥粒に対して有用であることもあり得るが、このような被覆をもつCBN砥粒が本発明のすべての有益な効果を発揮するとは限らない。

【0028】典型的な実施形態は、多層複合皮膜の第1の金属層が塩浴技術で成膜され、その他の層が無電解めっき技術で成膜されたものである。かかる皮膜の具体例は、第1の金属層が塩浴技術で析出させたチタンであるもので、他の金属層はニッケル-リン、コバルト-リン、同時析出ニッケル-コバルト-リンなどで無電解め

10 っき技術で析出させることができる。一方、純粋な金属の層は無電解めっき技術で析出させてもよい。

【0029】研削工具の砥粒保持特性、潤滑特性及び熱拡散特性の調整には、金属皮膜の厚さを変更してもよいし、金属皮膜の種類を変更してもよいし、さらには砥粒の粒度を変更してもよい。目的とする工具についての好ましい金属皮膜、粒度及び皮膜の厚さは、当業者が型通りの試験で決定できる。前述の通り、本発明の一つの態様における重要な特色は多層複合皮膜及びその組成にある。これは、用いる多層複合皮膜に応じて少なくとも3つの層又は少なくとも4つの層を含んでいて、各層は金属組成物からなる。かかる金属組成物層は、基材としての砥粒が皮膜層の成膜温度（特に砥粒表面への金属層の付着時に第1層が砥粒の表面に化学的に結合する場合）に耐え得る限り、本明細書に記載した金属組成物から独立に選択される。好ましくは、第1層は結晶基材によってはチタンであり、或いはその合金、炭化物又は窒化物である。例えばCBN砥粒の表面にチタンを結合させる場合、その境界はおそらく窒化チタンであると考えられる。また、多層複合皮膜の最後の層（すなわち最外層）がニッケル-リン、コバルト-リン、同時析出ニッケル-コバルト-リン、或いは本発明の範囲に属するようなその他の合金のような合金皮膜であるものも好ましい。

【0030】金属層又は合金層の作成において、それが多層複合皮膜であっても或いは少なくとも1つの層をなす同時析出金属皮膜であっても、用いたプロセスで、金属組成の同じ2以上の層が形成され、同じ金属組成物（純金属又は合金）の層が連続した複数の層で構成されるようになることがある。その層の組成が同じ金属組成物（すなわち、純金属又は合金）からなる場合は、本発明では単一の層とみなす。例えば、ニッケル-リン皮膜の作成又は析出には、用いるプロセスによっては、所要の厚さのニッケル-リン層を得るために複数のニッケル-リン層を連続して堆積させることが必要とされることもある。これには2又はそれ以上のニッケル-リン層が関与することになる。しかし、本発明の目的からすれば、かかるニッケル-リン層はたとえ連続した複数のニッケル-リン層からなる場合でも単一の層とみなされる。このことは、用いたプロセスで複数の純金属層が連

続して堆積するような場合の純金属層の析出についても適用される。このような場合、本発明の目的からすれば、かかる純金属層はたとえ一連の純金属層で構成されていたとしても単一の層とみなされる。本発明の実施に際して、隣り合った層同士は異なる金属組成のものでなければならない。

【0031】前述の通り、基材として用いる砥粒は、結晶構造強度の減損も劣化も起こさずに、少なくとも第1の金属組成物層の被覆処理温度に耐え得るものでなければならない。例えば、ある種のCBN砥粒では、その結晶構造のために、その表面に化学的に結合させるチタンの被覆処理に耐えることができない。そのため、かかる砥粒に対して適用される少なくとも第1の金属層としては、ニッケル-リン層、コバルト-リン層又は同時析出ニッケル-コバルト-リン合金層のような成膜温度の低い皮膜を用いる必要がある。この場合も、チタンの成膜温度に耐え得る砥粒を使用するのが好ましい。

【0032】本発明の皮膜組成物で被覆した後のCBN砥粒は、適当な樹脂母材中に被覆砥粒を浸漬することによって、研削砥石のような研削工具の製造に使用し得る。被覆CBN砥粒の樹脂母材中での浸漬処理は、例えばタカハシの米国特許第4671021号に記載されているような従来技術で実施し得る。通例、被覆粒子をフェノール樹脂と混合し、その混合物を金型の中で所望の形状に成形する。次いで、フェノール樹脂を昇温下で硬化させて、被覆粒子を固体母材内に結合して高い引張強度の固体凝集物とする。好ましい工具は、従来と同様の粒度（例えば170/200メッシュサイズの粒度分布）のCBN砥粒を上述の通り本発明の皮膜組成物で被覆しフェノール樹脂で結合してなる研削砥石である。

【0033】本発明で得られる研削工具は、CBN砥粒を用いた工具に従来用いられてきた形態又は形状のものであればどんなものであってもよい。通常のダイ及び金型を利用してこうした研削工具を作成することができる。好ましい研削工具は、金属の研削に使われる研削砥石である。かかる研削砥石は、本発明の皮膜組成物をもたないCBN砥粒で製造した研削砥石と比べると、使用に際して改善された耐摩耗性、潤滑特性及び熱拡散特性を示す。

40 【0034】以下の好ましい具体的な実施例は単なる例示を目的としたものであって、本明細書の開示内容を限定するものではない。

【0035】

【実施例】後出の表に示す結晶構造を有する立方晶窒化ホウ素砥粒を、金属チタン及びNaClとKClとCaClを40/55/5の比率で含んだ塩混合物の塩浴中で、チタンで被覆した。塩浴の温度は800~1500°Fであった。約2時間処理した後、砥粒を取出し、秤量してチタンの付着量を求めた。砥粒は約0.5~10μmの厚さのチタン皮膜を有していた。

【0036】チタン被覆CBN砥粒を、次いで、表に示す一連の皮膜層で被覆した。本実施例では、合金皮膜については無電解めっき法で成膜し、純金属皮膜については電気めっきで成膜した。使用した無電解めっき液は、次亜リン酸型のニッケル又はコバルトめっき液であった。pHは普通約4～約12.0の範囲にあり、温度は60～95℃の範囲に維持した。各層は別個の浴から別々に析出させ、ニッケル又はコバルトが消尽したときは浴を廃棄して次の皮膜層には新しい浴を使用した。単一層の同時析出金属皮膜の場合、用いた被覆方法は無電解めっき法である。皮膜の量は砥粒と皮膜の合計重量を基準にして通常約65～70重量%であり、リン含量はその2～11%であった。

【0037】被覆CBN砥粒は次に通常のフェノール樹脂(フェノールホルムアルデヒド樹脂)と混合した。その混合比は研削砥石での砥粒の結合に慣用的に用いられている重量比であった。次に、この混合物を、タカハシ等の米国特許第4671021号に記載されているような公知の技術によって、幅7mm、直径150mmの研削砥石に成形した。

【0038】表に示した組成において、個々の皮膜層の後の数値はその皮膜層形成時点での砥粒と皮膜の合計重量を基準にした金属皮膜の重量百分率であり、最後に示した数値は砥粒と皮膜の合計重量を基準にした金属皮膜\*

\*全体の重量百分率である。相対研削比(研削効率)及び相対電力は、表1では対照試料1に対する相対値であり、表2では対照試料に対する相対値であって、各対照試料の装置値を100としたときの値である。

【0039】表では、以下の略号を用いた。

Ni=ニッケル

Ti=チタン

NiP=ニッケル-リン

CoP=コバルト-リン

10 Co-Ni-P=同時析出ニッケル-コバルト-リン  
相対的な研削性能の試験

実施例で製造した研削砥石の研削性能を表1、表2及び表3に示す。すべての研削砥石について、往復式研削作業台に設置した被削試料としてのSKH51(HRc63)工具鋼工作物に対する研削性能を試験した。砥石速度は30m/secであった。作業台は15m/minの速度で往復させ、下方送り量は0.025mmであった。所定時間(通例5分以上)研削した後、各々の研削砥石について研削比(砥石減量/工作物減量)を求めた。研削比の高い研削砥石ほど、優れた(すなわち、小さい)摩耗速度をもつことになる。

【0040】

【表1】

表1  
研削性能(170/200メッシュ)

試料	結晶 タイプ	被膜層	湿式研削				乾式研削			
			G比	電力	相対G比	相対電力	G比	電力	相対G比	相対電力
対照1	A	NiP60	469	11.8	100	100	138	5.5	100	100
対照2	B	Ti/NiP60	706	11.8	151	98	175	4.6	127	84
1	B	Ti/NiP7/Ni25/NiP60	778	12.2	166	103	242	5.4	175	98
2	B	Ti/NiP7/CoP17/NiP60	566	11.3	121	96	211	4.7	153	85
対照3	C	NiP60	492	12.1	100	100				
4	C	Ti/NiP7/Ni40/NiP60	906	11.7	184	97	274	5.6	199	102
5	C	Ti/NiP7/CoP17/NiP60	783	10.9	159	91	227	4.4	164	81
6	C	Ti/CoP10/NiP60	483	10.5	95	87				

結晶A — 双晶形成が共通して起こり稜上に高次の結晶面を生じた角隅とし四面体からなるCBN結晶

結晶B — 角隅とし四面体からなるCBN結晶

結晶C — 高次の結晶面を有する角隅とし四面体からなるCBN結晶

電力 —  $W \cdot h / cm^3$

湿式研削 — M-4鋼に対する多段研削(切込み深さ0.001インチ)

乾式研削 — M-4鋼に対する多段研削(切込み深さ0.0015インチ)

【0041】

【表2】

表 2

湿式研削性能 (140/170メッシュ\*)

試 料	皮膜層	G比	相対G比
対 照	NiP60	430	100
1	NiP7/Ni17/NiP60	477	111
2	NiP7/Ni40/NiP60	550	128
3	同時析出Co-Ni-P	577	134
4	NiP7/CoP17/NiP60	587	137

\*結晶 — 表1に記載のCBN結晶A

湿式研削 — M-4鋼に対する多段研削 (切込み深さ0.001インチ)

【0042】

\* \* (表3)

表 3

ブランジ研削性能 (M-2鋼)

湿式研削

試 料	CBN結晶C メッシュサイズ	皮 膜 層	切込み深さ (インチ)	G比
対 照	170/200	NiP60	0.0015	89
1	170/200	Ti/NiP7/CoP17/ CoP60	0.0015	335
2	140/170	Ti/NiP6/Co-Ni-P60	0.0015	325
3	140/170	CTi/NiP6/同時析出 Co-Ni-P60	0.0015	353

CTi: チタンをCBN結晶上に蒸着法で成膜

結晶: 表1に記載のCBN結晶C

同時析出Co-Ni-P: コバルト/ニッケル=1:1 (重量比)

【0043】表1、表2及び表3から明らかな通り、多層複合皮膜又は単一層の同時析出ニッケル-コバルト-リン皮膜を有する本発明の研削材組成物では研削効率が著しい改善されている。例えば、表1には、多層複合皮膜が4つの層で構成されていてチタンが第1の金属層としてCBN砥粒の表面に化学的に結合しているものについて示してあるが、そのG比 (研削比)、相対G比 (相対研削比) 及び相対電力にみられるように、本発明の研削材組成物では研削効率が著しく改善されている。表2

40

から、多層複合皮膜が3つの層で構成されていて第1の金属層がCBN砥粒の表面に物理的に付着しているもの (試料1、2及び4) も研削効率が著しく改善されていることが分かる (G比及び相対G比を参照)。表2からは、単一層の同時析出金属皮膜 (試料3) も研削効率に著しい改善を示すことが分かる。表3に示す多層複合皮膜では、ブランジ研削性能が劇的な向上が認められる。ブランジ研削は苛酷な研削試験であって、その向上は対照試料のほぼ4倍にも達する。